



УДК 621.313.17:621.928.1

**ПЕРСПЕКТИВЫ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЙ
СЕПАРАЦИИ АВТОМОБИЛЬНОГО ЛОМА****PROSPECTS OF ELECTRODYNAMIC
SEPARATION OF AUTOMOTIVE SCRAP**

Парфёнов Николай Валерьевич, магистрант каф. «Электротехника и электротехнологические системы», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: parfenovnv@bk.ru. Тел.: 8(996)182-73-69

Проистин Ростислав Валерьевич, студент каф. «Электротехника и электротехнологические системы», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: proistinrostislav@gmail.com

Коняев Андрей Юрьевич, д-р. техн. наук, профессор каф. «Электротехника и электротехнологические системы», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: a.u.konyaev@urfu.ru Тел.: 8(912)626-49-80

Nikolay V. Parfyenov, master student, Department of «Electrical engineering and electrotechnological systems», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira street, 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: parfenovnv@bk.ru

Rostislav V. Proistin, student, Department of «Electrical engineering and electrotechnological systems», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira street, 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: proistinrostislav@gmail.com

Andrey Yu. Konyaev, Doctor Sc., Prof., Department of «Electrical engineering and electrotechnological systems», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira str., 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: a.u.konyaev@urfu.ru

Аннотация: Показана необходимость применения электродинамических сепараторов для извлечения цветных металлов из дробленого автомобильного лома и сортировки цветных металлов по маркам сплавов. Приведены результаты исследований опытного сепаратора на основе трехфазного линейного индуктора.

Abstract: The necessity of using electrodynamic separators for extraction of non-ferrous metals from crushed automotive scrap and sorting of non-ferrous metals by alloy grades is shown. Results of studies of an experimental separator based on a three-phase linear inductor are presented.

Ключевые слова: автомобильный лом; электродинамический сепаратор; результаты исследований.

Key words: automotive scrap; electrodynamic separator; research results.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из устойчивых тенденций в автомобилестроении является увеличение в конструкции машин доли легких сплавов (прежде всего, алюминия) [1-5]. При этом замена стальных узлов алюминиевыми приводит к снижению массы автомобилей, повышению их динамических показателей, снижению расхода топлива и соответствующему улучшению экологических показателей. Например, по данным [4] на каждые 10% снижения веса автомобиля может достигаться экономия топлива на уровне 5-7%, что ведет к соответствующему уменьшению выбросов в атмосферу углекислого газа и других продуктов горения топлива.

Общий рост доли алюминия в массе автомобилей достигается как традиционным использованием

литейных сплавов (картеры двигателей и коробок передач, поршни и головки цилиндров и т.п.), так и применением в конструкции машин деформируемых сплавов (несущие конструкции, элементы обшивки, теплообменники и др.), которые отличаются от литейных существенно меньшим количеством легирующих добавок. Указанные тенденции требуют изменения стратегии утилизации вышедших из эксплуатации транспортных средств (по зарубежной терминологии - end-of-life vehicles) и совершенствования технологий авторециклинга [3].

В настоящей работе рассмотрены возможности применения электродинамических сепараторов с бегущим магнитным полем для рециклинга автомобильного алюминия.

РЕШАЕМЫЕ ЗАДАЧИ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

По данным [6] в мире действует около 1000 заводов по утилизации автотранспортных средств, имеющих шредерные установки для фрагментации и дробления автомобилей. К сожалению, в нашей стране количество шредерных заводов можно пересчитать по пальцам одной руки. Технологические схемы таких заводов включают в себя ряд основных этапов:

- сбор выведенных из эксплуатации автомобилей в пунктах утилизации и их частичную разборку;
- измельчение остовов автомобилей на шредерных установках;
- выделение из дробленого автомобильного лома черных металлов с помощью магнитной сепарации;
- утилизация шредерных остатков (сжигание, захоронение и др.).

В автомобилях, поступающих на утилизацию в настоящее время, от 60 до 80 % массы приходится на стальные узлы и детали. Поэтому стальной лом является основным товарным продуктом авторециклинга. Однако увеличение доли цветных металлов в автомобильном ломе заставляет развивать технологии переработки шредерных остатков, предусматривающие, в первую очередь, отделение цветных металлов от потока неметаллических фракций (окалина, краска, стекло, резина, полимеры и др.). В зарубежной практике для реализации такой операции на разных заводах используют сепарацию в тяжелых средах, либо электродинамическую сепарацию. При этом на многих шредерных заводах такие технологии еще не освоены.

Сепарация в искусственных тяжелых жидкостях является одним из лучших методов разделения материалов по их плотности (шаг разделения может составлять $0,1 \text{ г/см}^3$). Однако ее применение сдерживается высокой стоимостью жидкости и большими эксплуатационными расходами, связанными с необходимостью регенерации жидкости. Большее распространение получает электродинамическая сепарация (по зарубежной терминологии eddy current – вихрековая сепарация), при которой основным разделительным признаком является удельная электропроводность.

В табл. 1 показаны физические свойства цветных металлов, применяемых в автомобилестроении.

Таблица 1
Физические свойства ряда металлов

Наименование металла	Плотность ρ , кг/м ³	Удельная электропроводность γ , МСм/м	Отношение γ/ρ , (МСм×м ²)/кг
Алюминий Al	2710	35,0	0,0129
Медь Cu	8890	58,0	0,0065
Магний Mg	1740	21,3	0,0122
Цинк Zn	7130	16,3	0,0022

Из табл. 1 нетрудно видеть существенное различие удельных электропроводностей указанных материалов, что является предпосылкой для селективного разделения. Расчеты показывают [7-8], что удельные электромагнитные усилия ($F_m = F/m$ – отношение электромагнитного усилия к массе частиц металлов, Н/кг или м/с^2) сложно зависят от параметров линейных индукционных машин, составляющих основу сепараторов. Примеры таких зависимостей (для алюминиевых частиц крупностью 40 мм) показаны на рис. 1 [8].

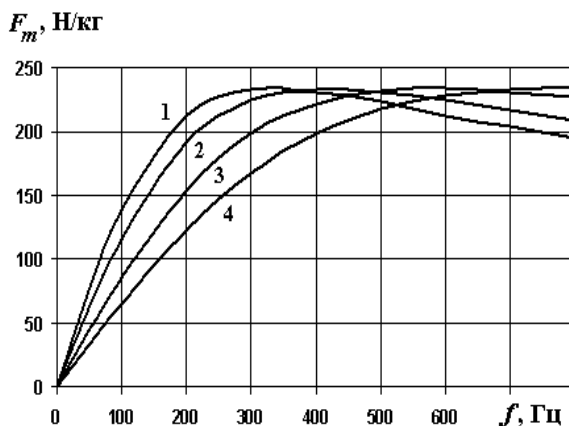


Рис. 1. Зависимости удельного электромагнитного усилия в сепараторах от частоты для сплавов алюминия с разной электропроводностью ($\gamma_1 > \gamma_2 > \gamma_3 > \gamma_4$)

Выбор параметров сепаратора зависит от конкретной технологической задачи. При решении задачи отделения цветных металлов от неметаллов предпочтительно использование частоты $f \approx 500$ Гц, при которой развиваются усилия, близкие к максимальным.

Необходимо отметить, что с учетом увеличения доли алюминия в массе автомобилей, нельзя ограничиваться решением задачи выделения цветных металлов, поскольку получаемый коллективный концентрат цветных металлов

содержит сплавы разного химического состава. При этом использование полученного лома в качестве сырья для металлургической промышленности позволяет получать только низкосортные сплавы вторичного алюминия. Поэтому более перспективна технология индукционной сортировки цветных металлов [7], при которой могут быть решены следующие технологические задачи:

- разделение цветных металлов по видам сплавов (медные, алюминиевые, магниевые, цинковые);
- разделение алюминиевых сплавов по группам сплавов (например, отделение лома литейных сплавов от лома деформируемых сплавов).

Как показано в [8], для улучшения селективности разделения сплавов желательно использовать восходящую часть характеристик, показанных на рис. 1, в частности использовать частоту 50 Гц, при которой обеспечивается работа на линейной части характеристик. В этом случае ускорение, которое приобретают частицы разных сплавов под действием электромагнитных сил, оказывается пропорционально показателю γ/ρ , значения которого также приведены в табл. 1. Очевидно, что для случая индукционной сортировки сплавов цветных металлов именно этот показатель становится разделительным признаком сепарации.

Возможность решения этих технологических задач была подтверждена при экспериментальных исследованиях установки электродинамической сепарации в научной лаборатории кафедры «Электротехника и электротехнологические системы» УрФУ. Например, на рис. 2 приведены удельные электромагнитные усилия, полученные для ряда сплавов, имеющих в электронном ломе. При испытаниях использованы образцы крупностью 40 мм. На рис. 2 можно видеть, что усилия, действующие на образцы разных сплавов, существенно отличаются.

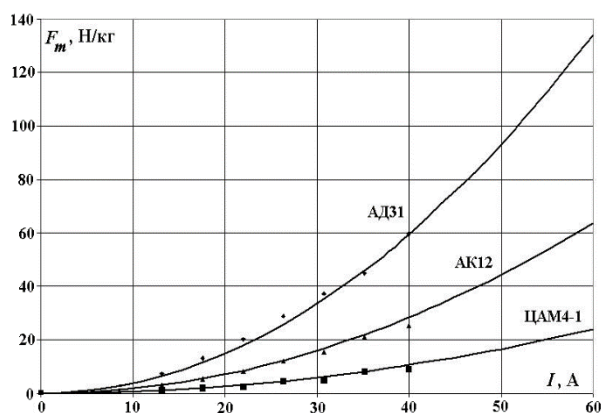


Рис. 2. Опытные зависимости удельного электромагнитного усилия от тока

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, анализ литературных источников показывает рост доли алюминиевых сплавов и их номенклатурного разнообразия в конструкциях автомобилей, что требует изменений в технологиях утилизации вышедших из эксплуатации транспортных средств. В частности возникает необходимость не только извлечения цветных металлов из потока отходов шредерной переработки автомобилей, но и индукционной сортировки выделенных металлов с целью получения селективных концентратов отдельных металлов и сплавов. Исследования показывают целесообразность использования для решения указанных технологических задач установок электродинамической сепарации в бегущем магнитном поле.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технология автомобилестроения: учебник для вузов / под редакцией А.И. Дашенко. – М.: Машиностроение, 2005, 624 с.
2. Алюминиевые сплавы (состав, свойства, технологии, применение): справочник / В.М. Белецкий, Г.А. Кривов. – Киев: «КОМИНТЕХ», 2005, 365 с.
3. Component- and alloy-specific modeling for evaluating aluminum recycling strategies for vehicles / R. Modaresi, A.N. Lovik, D.B. Muller // Journal of Metals, Vol. 66, Issue 11, 2014, pp. 2262-2271.
4. Aluminum flows in vehicles: enhancing the recovery at end-of-life / F. Passarini, L. Ciacci, A. Santini, I. Vassura, L. Morselli // Journal of Material Cycles and Waste Management, Vol. 16, Issue 1, February 2014, pp. 39-45.
5. Cui J., Roven H. Recycling of automotive aluminium // Transaction of non-ferrous metals society of China. – 2010 (20). Pp. 2057-2063.
6. Митрохин Н.Н., Павлов А.П. Утилизация и рециклинг автомобилей: учебн. пособие. – М.: МАДИ, 2015. – 120 с.
7. Коняев А.Ю., Коняев И.А., Назаров С.Л. Применение электродинамических сепараторов в технологиях вторичной цветной металлургии // Цветные металлы. – 2012, № 11, с. 22-26.
8. Багин Д.Н., Коняев А.Ю. Показатели эффективности электродинамических сепараторов на основе линейных индукторов // Промышленная энергетика, 2015, № 4, с. 20-24.